

УДК 630.674.6.02 – 674.09

В.В. Чамеев, К.В. Ивачева, Р.А. Уксусов, В.В. Терентьев
(V.V. Chameev, K.V. Ivacheva, R.A. Uksusov, V.V. Terentyev)
УГЛТУ, Екатеринбург
(USFEU, Ekaterinburg)

**ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА ИМИТАЦИОННЫХ
МОДЕЛЯХ КОМПЛЕКС-ПРОГРАММЫ «ЦЕХ»**
(PLANNING FOR EXPERIMENTAL SIMULATION MODEL CENTER
OF THE «SAWMILL»)

Проведён многофакторный эксперимент с целью математического описания работы лесопильной рамы Р63-4Б. Особенность данной работы в том, что планирование эксперимента проводилось с помощью имитационных моделей, заложенных в комплекс-программу «ЦЕХ».

Conducted multivariate experiment to the mathematical description of the frame sawing R63-4B. Design of experiments was carried out using simulation models, embedded in a complex program «SAWMILL».

При планировании работы с поставщиками сырья и потребителями готовой продукции необходимы прогнозные оценки по объёмам пиловочного сырья и пиломатериалов. Планирование названных показателей эффективно при наличии прогнозных оценок, получаемых на математических моделях. Математическая модель изучаемого объекта используется для оптимизации исследования (экстремальный эксперимент) или для целей аппроксимации.

Чтобы получить математическую модель часто проводят факторный эксперимент, суть которого заключается в варьировании всех факторов объекта исследования по определённому плану. Наиболее простыми и поэтому широко распространёнными являются планы получения линейных моделей объектов исследования, в которых факторы варьируют на двух уровнях, т.е. экспериментов типа 2^k . Менее популярны эксперименты с количеством исследуемых факторов больше двух, так как с ростом их числа резко возрастает количество опытов.

Сущность полного факторного эксперимента первого порядка ПФЭ 2^2 при его проведении состоит в одновременном варьировании всех факторов по определённому плану, представлении математической модели (функции отклика) в виде линейного полинома и исследовании последнего методами математической статистики.

Планирование, проведение и обработка результатов ПФЭ состоит из следующих обязательных этапов: выделение значимых переменных (факторов) объекта исследования и выбор уровней и интервалов варьирования факторов; кодирование факторов; составление план-матрицы

эксперимента; реализация плана эксперимента; проверка воспроизводимости опытов; проверка адекватности линейной модели; оценка значимости коэффициентов регрессии.

Особенностью данной работы является заполнение ячеек план-матрицы ПФЭ 2^2 с помощью имитационных моделей. На основании теоретических представлений о процессе проведённых ранее экспериментальных исследований, за значимые факторы приняты толщина (диаметр) и длина сырья. При кодировании факторов за нулевой уровень толщины сырья принят средний диаметр d_{cp} с вероятностью 0,997, находящийся в интервале $d_{cp} \pm 3 SKO_{dcp}$ (СКО среднее квадратическое отклонение), т.е. от 16,88 до 23,12 см.

За нулевой уровень длины сырья принимается средняя длина сырья L_{2cp} . Соответственно за нижний уровень – L_{1cp} , за верхний – L_{3cp} .

Результаты вычислений приведены в табл. 1.

Таблица 1

Кодирование факторов

Интервал варьирования и уровень факторов	Средний диаметр сырья d_{cp} , см	Средняя длина сырья L_{cp} , м
Нулевой уровень $x_i = 0$	20	6,00
Интервал варьирования δ_i	3,12*	0,50
Нижний уровень $x_i = -1$	16,88	5,50
Верхний уровень $x_i = +1$	23,12	6,50
Кодовое обозначение	x_1	x_2
* $3 SKO_{dcp} = 3,12$ см		

Связь между кодовым и натуральным выражением фактора задаётся формулой

$$x_i = x_i = \frac{X_i - x_{io}}{\delta_i},$$

где X_i – натуральные значения фактора;

x_{io} – значение i -го фактора на нулевом уровне;

δ_i – интервал варьирования i -го фактора.

План матрицы эксперимента ПФЭ 2^2 представлен в табл. 2.

Таблица 2

Матрица планирования эксперимента
 для двух факторов на двух уровнях

Опыты	x_o	Планирование		Переменная состояния y
		x_1	x_2	
1	+1	+1	+1	y_1
2	+1	-1	+1	y_2
3	+1	+1	-1	y_3
4	+1	-1	-1	y_4

Таблица 3

Проведение имитационных экспериментов для лесопильной рамы Р63-4Б на ЭВМ по компонент-программе **СТАНОК**

Опыты	Толщина (диаметр) сырья d , см, в источниках					Длина сырья L в источниках						Поставы, мм	Переменная состояния y^{**}
	1			2		1			2				
	$P_{лог}^*$	$d_{ср}$	σ_d	$d_{ср}$	σ_d	Доля брёвен 1-й группы по длине	$L_{ср}$, м	σ_L , см	Доля брёвен 1-й группы по длине	$L_{ср}$, м	σ_L , см		
1	0,02	23,12	5,757	23,12	5,757	1	6,50	3,00	1	6,50	3,00	25-50-50-70-50-50-25	132
2	0,862	16,88	3,838	16,88	3,838	1	6,50	3,00	1	6,50	3,00	19-25-40-50-40-25-19	116
3	0,02	23,12	5,757	23,12	5,757	1	5,50	3,00	1	5,50	3,00	25-50-50-70-50-50-25	110
4	0,862	16,88	3,838	16,88	3,838	1	5,50	3,00	1	5,50	3,00	19-25-40-50-40-25-19	97,5
<p>* Вероятность описания толщины сырья d логнормальным распределением $P_{лог}$ в источнике 1; вероятность описания толщины сырья нормальным распределением в источнике 2: $P_{нор} = 1 - P_{лог}$.</p> <p>** За переменную состояния принята величина $t_{ц}$.</p>													

Переменной состояния у для решения поставленных задач может быть среднее время пиления бревна на головном станке лесобрабатывающего цеха $t_{ц}$, с; сменная производительность лесобрабатывающего цеха по пиловочному сырью $\Pi_{см}^с$, м³ и готовой продукции $\Pi_{см}^{гп}$, м³.

Цикловые затраты времени определяются по компонент-программе СТАНОК комплекс-программы «ЦЕХ». Основные исходные данные для проведения имитационных экспериментов по компонент-программе СТАНОК для лесопильной рамы Р63-4Б и результаты моделирования приведены в табл. 3. Обработка полученных результатов на базе полного факторного эксперимента позволила получить математическую модель зависимости средней длительности распиловки бревен на лесопильной раме Р63-4Б от средней толщины $d_{ср}$ и средней длины сырья $l_{ср}$ в виде линейного полинома $t_l = 2,28d_{ср} + 20,25l_{ср} - 53,31$, с. Модель адекватна, соответствует средним условиям $d_{ср} = 20$ см и $l_{ср} = 6$ м с диапазонами варьирования факторов $16,88 \leq d_{ср} \leq 23,12$ см и $5,5 \leq l_{ср} \leq 6,5$ м. Связь $d_{ср}$ со средним объемом хлыста V_x выражается зависимостью Чувелева А.Я.

$$d_{ср} = e^{3,433} V_x^{0,262} l_{ср}^{-0,117}, \text{ где } d_{ср} \text{ в см, } V_x \text{ в м}^3, l_{ср} \text{ в м.}$$

Переход к сменной производительности лесопильного потока с учетом синхронизации станков осуществляется на имитационной модели, входящей в компонент-программу ПОТОК (в простейшем случае определение $\Pi_{см}$ возможно по программе ПСМ), выход готовой продукции – по компонент-программе ПРОДУКЦИЯ (в простейшем случае по программе ВЫХОД ПИЛОМАТЕРИАЛОВ.)

В табл. 4 приведены значения сменной производительности цеха с головной рамой Р63-4Б по сырью.

Таблица 4

Значения сменной производительности цеха по сырью, м³
с головной рамой Р63-4Б

$d_{ср}$, см	Средняя длина бревна $l_{ср}$, м				
	6,5	6,25	6	5,75	5,5
17	28,93	28,91	28,75	28,70	28,67
18	31,63	31,52	31,42	31,32	31,26
19	34,43	34,26	34,15	34,01	33,92
20	37,28	37,08	36,92	36,78	36,63
21	40,19	40,00	39,77	39,60	39,44
22	43,17	42,93	42,67	42,45	42,26
23	46,20	45,94	45,66	45,37	45,12

Область применения изложенного подхода исследований технологических процессов – прогнозирование и оперативное планирование работы лесобрабатывающих цехов в зависимости от основных таксационных показателей лесосек, отведенных в рубку.